

Menetelmä ja laite epäpuhtauksien poistamiseksi jätevedestä elektroflotaatiolla

5 Keksinnön kohteena on patenttivaatimuksen 1 johdannon mukainen menetelmä epäpuhtauksien poistamiseksi jätevedestä elektroflotaatiolla. Tässä menetelmässä puhdistettava jätevesi johdetaan epäsymmetrisen elektrolyysikennon läpi, jolloin aikaansaadaan kennoreaktio, jossa syntyy sekä metallihydroksidia että vetykaasua. Jos aktiivielektrodi on rautaa tai alumiinia, 10 syntyy kennoreaktiossa vastaavasti rauta- tai alumiinihydroksidia.

Keksinnön kohteena on myös patenttivaatimuksen 6 johdannon mukainen laite epäpuhtauksien poistamiseksi jätevedestä elektroflotaatiolla.

15 - Termi elektroflotaatio perustuu siihen, että elektrolyysikenoissa syntyvä kaasu nostaa myös kennoissa syntyvän metallihydroksidin (tyypillisesti rauta- tai alumiinihydroksidi) ja sen suodattamat epäpuhtaudet vedestä puhtaana veden pinnalle, josta flokki voidaan poistaa mekaanisesti. Tämä flokin ja veden erottuminen käynnistyy jo elektrolyysikennossa ja voidaan suorittaa lopputuon flokin erotustornissa, jollaisia on kuvattu hakijan patenttijulkaisuissa 20 US-5,888,359 ja US-6,086,732.

Jätevesien käsittelyssä ongelmana on ollut, että haitallisten epäpuhtauksien kuten typen ja myrkyllisten yhdisteiden kuten kloorifenolen ja poliaromaattisten hillityjen riittävään poistamiseen ei ole ollut keinuja. 25

Keksinnön kohteena on menetelmä ja laite, joilla epäpuhtaudet voidaan poistaa jätevesistä tähänastista tehokkaammin ja taloudellisesti.

30 Tämä tarkoitus saavutetaan keksinnöllä oheisessa patenttivaatimuksessa 1 esitetyllä menetelmällä ja patenttivaatimuksessa 6 esitetyllä laitteella. Epäit-

senäisissä patenttivaatimuksissa on esitetty menetelmän ja laitteen edullisia suoritusmuotoja tai sovelluksia.

Esim. typpi voidaan poistaa vähäsuolaisista jätevesistä tässä esitetyn kaltaisella elektroflotaatiolla aina yli 80 %:sti, tyyppillisesti yli 95 %:sti ja lähes suolattomista jätevesistä jopa yli 99 %:sti ilman kemiallisia lisääaineita.

Toisaalta kaatopaikkojen suotovesistä voidaan poistaa myrkkyiset orgaaniset yhdisteet ja samalla vähentää niiden suolapitoisuutta.

10 Seuraavassa keksintöä selostetaan suoritusesimerkin avulla viittaamalla oheisiin piirustuksiin, joissa

15 Kuvio 1 esittää keksinnön mukaisessa menetelmässä ja laitteessa käytettävän elektrolyysikennon yhtä edullista suoritusesimerkkiä; ja

Kuvio 2 esittää kaaviosesti koko puhdistuslaitteistoa erään koejärjestelyn mukaisena.

20 Keksinnön mukaisen elektrolyysikennon (kuvio 1) elektrodit muodostuvat putkista. Sisäelektroditutki 1 on ruostumatonta terästä ja se on varustettu rei'illä 4 pesusuihkujen suuntaamiseksi puhdasta metallia olevan ulkoelektrodiputken 2 sisäpinnalle. Ulkoelektrodiputken metallina on tyyppillisesti rauta tai alumiini. Sylinterimäiset elektroditutket 1 ja 2 sijaltsevat koaksiaalisesti ja 25 rajoittavat väliinsä sylinterimäisen elektrolyysitilan 5, johon jätevesi johdetaan putkesta 6. Virtalähteen negatiivinen napa on liitetty sisäelektroditutkeen 1 liittimellä 11 ja positiivinen napa rauta- tai alumiinielektroditutkeen 2 liittimellä 12. Sisäelektrodi 1 on terästä tai muuta metallia, joka on enemmän elektronegatiivinen kuin rauta tai alumiini. Tällöin sisäputki 1 on kulumaton 30 (siitä irtoaa vain elektroneja) ja rautaa oleva ulkoputki 2 kuluu, koska siitä irtoaa rautaioneja. Tästä syystä ulkoputki 2 on tehty helposti vaihdettavaksi myöhemmin selostettavalla tavalla.

Sisäelektrodiputki 1 on jaettu väliseinällä 1a kahteen erilliseen putkitilaan 8 ja 9. Putkitila 8 ulottuu olennaisesti elektrolyysitilan 5 pituudelle ja on varustettu pesusuihkureillä 4. Putkitila 9 liittyy suurehkojen reikien 7 välityksellä elektrolyysitilan 5 loppupäähän, jolloin vesi ja muodostunut flokki pääsee 5 virtaamaan elektrolyysitilasta 5 putkiosaan 9. Putkiosien 8 ja 9 pähin liittyy eristäväksi ainetta, kuten muovia, olevat tulo- ja lähtöputket. Putkiosaan 8 johdetaan pesuvesi paineella, joka on riittävä aikaansaamaan voimakkaueltaan sopivat pesusuihkut rei'istä 4. Elektrodiien pinta voidaan puhdistaa myös johtamalla vaihtovirtapulssi elektrodeihin.

10 Rauta- tai alumiiniputki 2 päätyy ennen jäteveden sisääntulokohtaa 6 ja sisäputki 1 jatkuu sisääntulokohdan 6 ohi venttiiliin 18 kautta pesuvesipumppule. Venttiiliin 18 avautuminen ja pesuvesipumpun 19 käynnistyminen on ohjattu ohjauslaitteella 20 tapahtumaan jaksoittain. Kunkin pesujakson aikana 15 elektrolyysitilan 5 alapäähän liittyvän poistoputken 16 venttiili 17 on järjestetty avattavaksi sakan ja pesuveden poistamiseksi elektrolyysitilasta 5.

Ulkoelektrodia 2 ympäröi lisäksi eristäväksi ainetta, kuten muovia, oleva vaippaputki 3.

20 Elektrolyysikenno on pidetty koossa päätytulppien 10 ja 15 avulla. Esitetyssä tapauksessa putken 2 päässä on ulkokerheet, joihin päätytulppien 10 ja 15 kierretet tarttuvat. Päätytulppaa 10 kiristettäässä kartiopinnat 14 puristavat tiivisteen 13 vasten sisäputken 1 ulkopintaan. Samalla tiiviste 13 puristuu 25 myös vasten ulkoputken 2 päätypintaa. Elektrolyysitilan 5 alapää on tiivistetty tiivisteellä, joka puristetaan holkin 15 sisäolaketta vasten propulla 15a. Päätytulpat 10 ja 15 pitävät putket 1 ja 2 samankeskeisesti toisiinsa nähdien. Elektrodiputkien pääiden kiinnitysrajan voi olla tietenkin myös esitetystä poikkeava.

30

Putkien 1 ja 2 halkaisijat ja pituudet voivat vaihdella käyttösoveltuuksesta riippuen. Käsitellytäitoksen koon kasvaessa ja läpivirtausmääriä lisääntyessä kennoja kytetään riittävä määärä rinnan.

5 Käytämällä sisäkkäisiä elektrodiputkia 1 ja 2, sekä sisäputkessa 1 olevia huuhtelusuihkuireikä 4, voidaan yksinkertaisella tavalla huolehtia elektrodi-pinnan puhtaana pysymisestä. Auki kierrettävien päätytulppien 10 ja 15 ansiosta kuluva rauta- tai alumiinielektrodiputki 2 on helposti vaihdettavissa.

10 Seuraavassa esitettävät perusteet, joihin keksinnön mukainen menetelmä tyypen poistamiseksi elektroflotaatiolla perustuu. Aktiivinen elektrodi 2 on rauataa.

1. KENNOREAKTIOT

15

- 1.1. $\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$
- 1.2. $\text{Fe} \leftrightarrow \text{Fe}^{+3} + 3\text{e}^-$
- 1.3. $\text{Fe}^{+3} + 3\text{OH}^- \leftrightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow$ (rautahydroksidi)
- 1.4. $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{H}_2 \uparrow$ (vetykaasu)

20 Elektrolyysissä syntyy lievästi emäksinen liuos, koska H^+ -ionit poistuvat vetykaasuna liuoksesta nopeammin kuin OH^- -ionit.

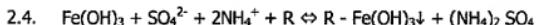
2. TYPEN POISTO

25 A. AMMONIUM (NH_4^+) TYPPI:

- 2.1. $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$
- 2.2. $\text{NH}_3 + \text{OH}^- + \text{H}^+ \leftrightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$
- 2.3. $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \leftrightarrow \text{NH}_4^+$ (ammonium-ioni)

30 Elektrolyssä H^+ -ioni sitoutuu ammoniakkimolekyyliin ja muodostaa ammonium (NH_4^+) -ionin. Se ei hajdu, vaan liukenee veteen. Kun vesiliuokses-

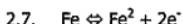
sa on esim. SO_4^{2-} -ioni, poistetaan elektrolyysissä NH_4^+ -ioni ja typpipitoiset orgaaniset aineet, jotka keresaostuvat rautahydroksidin kanssa. Saostuma nousee H_2 -kaasun mukana flokkina puhtaan veden pinnalle. Ennen jäteveden johtamista elektrolyysikennoon siihen on voitu lisätä tavanomaiseen tapaan 5 esim. tietty määrä hapanta ferrosulfaattia.



Elektrolyysisä jätevedessä oleva NH_4^+ -typpi ja orgaaniset typpipitoiset yhdisteet (R) keresaostuvat rautahydroksidisakkaan $\text{Fe(OH)}_3 \downarrow$ tai NH_4^+ -typpi voi 10 myös pelkistyä samalla kun rauta hapettuu rautaoksidiksi.



15 2.6. $2\text{NH}_4^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{N}_2 \uparrow + 4\text{H}_2 \uparrow$

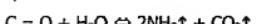


20 Kennossa samanaikaisesti muodostunut H_2 -kaasu (vety-kaasu) nostaa saostuman flokkina puhtaan veden pinnalle flokkinerotustornissa. Tällöin typpi poistetaan kiinteässä muodossa. (Flokkinerotustornin toimintaa on selostettu patenttijulkaisuissa US-5,888,359 ja US-6,086,732).

25 NH_4^+ -typpi muodostuu viemärijätevesiin pääasiassa ureasta seuraavasti:



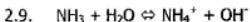
|



|

ammoni- hiilioksidi

30 NH_2 akki
urea



B. NITRAATTI (NO_3^-) TYPPI:

5

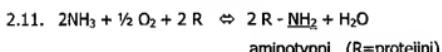
Mikrobit hapettavat ammoniakin nitraatiksi (nitrifikaatio) tai aminotypeksi, joka sitoutuu pääasiassa mikrobisolujen sisään entsyymien (ents.) välittämässä biokemiallisessa reaktiossa.

10 (ents.)



Tämä on summareaktio. Solujen sisäinen reaktio on entsyymien katalysoima 15 ja paljon monimutkaisempi.

(ents.)

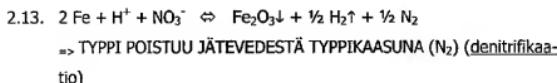


20

Elektrolyysisä kennoissa rauta hapettuu (aina) ja typpi (NO_3^-) pelkistyy seuraavasti:



25



30 Mikrobisolut saavat myös aikaan denitrifikaation anaerobisissa olosuhteissa (ilman happea), joissa NO_3^- -ioni toimii hapettimena O_2 -molekyylin sijasta.

- Elektrolyyssillä kennoissa aikaansaatu denitrifikaatio on lähes kvanttitilainen ja todella nopea verrattuna mikrobiien avulla tapahtuvaan hitaaseen ja kaltoon typen poistoon.
- Biologisella denitrifikaatiolla typenpoistomenetelmänä saavutetaan noin 5 63 %:n typpireduktio suhteellisen kalliilla tekniikalla.
- Elektrolyyssillä on saavutettu aina yli 80 %:n typpireduktio ja parhaimmillaan esim. lehmän lannan puhdistuksessa yli 99 %:n typpireduktio niin, että puhdistetun veden typkipitoisuus on alle 2 mg/l.

10 Raudan hapettuminen ferri- tai ferroioniksi ja typen pelkistyminen tapahtuu kennossa tietystä resonanssienergiakohdassa. Ts. kennoon tuotu sähköenergia on mitoitettava sen mukaan, mikä on kennon mitoitus ja läpivirtausmäärä eli jäteveden viipymä kennotilassa. Oikean resonanssienergiakohdan etsiminen on suoritettava kokeellisesti ja sen jälkeen automatiikka säättää kennovirittää suhteessa jäteveden läpivirtausmäärään. Jäteveden läpivirtausta ei tarvitse katkaista pesun suoritusajaksi, koska pesu tehdään olennaisesti suuremalla paineella ja pienemmällä nestemäärellä kuin läpi virtaavan jäteveden paine ja nestemäärä.

15

20 3. KAATOPAIKAN SUOTOVEDEN PUHDISTUS

Kuvion 2 mukaisella laitteella suoritettiin koesarja, jolla selvitettiin laitteiston soveltumista kaatopaikan suotoveden puhdistamiseen.

25 Seuraavassa selostetaan aluksi koelaitetta, sitten kokeen suoritustapaa ja lopuksi koetuloksia.

30

3.1 Koelaitte

Laite on kaksivaiheinen siten, että kaksi alumiinielektrodilla (tai kahdella rautaelektrodilla tai yhdellä rauta- ja yhdellä alumiinielektrodilla) varustettua elektrolyysikennoa 28 on peräkkäin kaskadiytkennässä. Yksi koe suoritettiin yksivaiheisena ja toinen koe kaksivaiheisena. Säiliöstä 21 suotovesi pumpataan pumpulla 27 elektrolyysikennon 28 lä-

pi. Säiliöstä 22 syötetään polymeeriliuosta pumpulla 29 kennosta 28 poistuvaan massavirtaan, joka johdetaan flokin ja puhdistetun veden erotustorniin 30, jonka yläpäässä on poistuvien kaasujen (HCl , Cl_2) mittaus 31. Tornin 30 alapäästä puhdistettu vesi johdetaan säiliöön 23 ja tornin 30 yläpäästä flokki johdetaan säiliöön 24. Toisessa vaiheessa puhdistettu vesi johdetaan säiliöstä 23 pumpulla 27 toisen elektrolyysikennon 28 läpi toiseen flokin ja puhdistetun veden erotustorniin 30. Myös toisessa vaiheessa kennon 28 ja tornin 30 väliseen massavirtaan syötetään pumpulla 29 polymeeriliuosta säiliöstä 25. Kaksi kertaa puhdistettu vesi johdetaan tornin 30 alapäästä säiliöön 26 ja myös toisen tornin 30 yläpäästä flokki johdetaan säiliöön 24.

3.2 Kokeen suoritustapa (koeajot)

Suoritettiin 10 eri koeajoa, joista osa yksivaiheisena sekä Fe- että Al-kennoilla. Osassa kaksivaiheisia koeajoja käytettiin kahta eri kenttätyyppiä, nimittäin Fe-kennoa (aktiivielektrodi rautaa) ja Al-kennoa (aktiivielektrodi alumiinia).

Seuraavassa selostetaan kahta mielenkiintoista ja edustavaa koeajoa.

20

1. Koeajo

Kokeessa suoritettiin kaksivaiheinen puhdistus. Ensimmäisessä vaiheessa käytettiin Al kennoa ja toisessa vaiheessa Fe kennoa. Ensimmäisessä vaiheessa Al kennon läpi syötettiin n. 120 l/h laimentamatonta suotovettä. Säiliöstä 22 pumpulla 29 syötettiin polymeeriliuosta 10 - 12 l/h. Kennoon syötettiin tehoa virta-alueella 10 - 50 A ja jännitealueella 3 - 7 V. Suoritettiin pyhäkäisymittaus koko tehoalueen läpi, jolloin havaittiin, että liuoksen kirkastuminen ja värin poisto oli suoraan verrannollinen sähkötehoon. Yli 1 kWh/m³ teholla flokin muodostus ei enää parantunut. Kaasuanalyysi tehtiin sähköholla, joka vastaa noin 1,0 kWh/m³ laimentamatonta suotovettä. Kloorikaasun muodostusta ei havaittu. Toisessa vaiheessa ensimmäisen vaiheen puhdasvesifraktio ajettiin Fe kennon läpi syöttömäällä 60 - 120 l/h. Polymeeri-

liuosta syötettiin 10 l/h. Virralla 10 - 30 A ja jännitteellä 3 - 7 V suoritettiin pyyhkäisymittaus koko tehoalueen läpi.

2. Koeajo

5

Laimentamaton suotovesi ajettiin kaksi kertaa AI kennon läpi. Syöttömääriä 60 - 150 l/h jätevettä ja polymeriliuosta 10 - 15 l/h. Kennon tehonsyöttö keskimäärin 30 A, 3 V. Suoritettiin myös nopea pyyhkäisymittaus maksimitoohon 52 A, 7 V. Kaasun muodostus oli voimakasta ja flokki nousi erittäin nopeasti flokin erotusputkessa 30, jossa flokin rajapinta pysyi helposti paikallaan (voitiin tarkkailla kirkkaan putken läpi). Tornista 30 tuleva vesi kirkastui jo asetuksilla 30 A/3 V/120 l/h, eli teholla $0,75 \text{ kWh/m}^3$. Tehon lisäys yli 1 kWh/m^3 ei enää parantanut tulosta. Kloorikaasun muodostusta ei havaittu.

15 3.3. Analyysitulokset koeajoista

Puhtaanveden fraktioista ja flokkifraktioista otetut näytteet analysoitiin eri laboratorioissa standardien mukaisin menetelmin. Näytteistä analysoitiin yli 80 kemiallista parametria, joissa seuraavassa puututaan vain tärkeimpiin yhteenvedonomaisesti.

Puhdistettava suotovesi oli ulkonäältään keltaisen ruskea ja lievästi samea. Hajusta päätellen se sisälsi ammonium- ja rikkihdisteitä. Molemmissa kokeissa voitiin osoittaa, että suotovesi kirkastuu ja muuttuu lähes väritöväksi ja hajuttomaksi. Ensimmäisen kokeen ensimmäisessä vaiheessa tuotettiin tietoisesti vain osittain puhdistettua vettä optimoimalla prosessi vain flokin muodostumisen suhteen kohdalleen käyttäen mahdollisimman vähän sähkötehoa. Toisen kokeen ensimmäisessä vaiheessa jäljitetiin ensimmäisen kokeen ensimmäistä vaihetta. Toisen kokeen toisessa vaiheessa pyrittiin asettamaan tasapaino mahdollisimman puhtaan loppituloksen aikaansaamiseksi.

Sähkön johtavuudessa tapahtui molemmissa kokeissa oleellinen pudotus. Toisessa kokeessa konduktanssin reduktio on noin 30 %. Flokissa konduktanssi on oleellisesti suurempi kuin puhdistetussa vedessä, eli flokkiin on konsentroitunut johtavuutta lisääviä yhdisteitä. pH pysyi suunnilleen muuttumattomana.

5

Typpireduktio jäi alemmalle tasolle kuin muita vähäsuolaisempia jätevesiä puhdistettaessa. Kokeissa havaittiin, että typpi poistui olennaisesti samassa suhteessa kuin suolapitoisuus laski.

10

Fosfori poistui puhdistuksessa lähes täysin, jopa korkeilla pitoisuksilla.

15

Kloriin tai klorivedyn muodostumista ei havaittu koeolosuhteissa, vaikka puhdistettava suotovedi ollkin suolaliuos. Toisaalta kloridin reduktio noin 29 % ja sen ilmeinen rikastuminen flokkiin viittaa siihen, että jokin yhdiste saattaa sitoa kloridi-ionin kiinteään flokkiin. Johtopäätös on, että kloridin on täytynyt sitoutua flokkiin esim. substituutioreaktioiden kautta orgaanisiin molekyyleihin tai suolana flokin muodostavaan erittäin theään ferrihydroksidisakkaan, joka toimii molekyylisilivilänä.

20

Suolapitoisuus ja ammoniumtyphen poisto

25

Kloridi- ja natriumionien pitoisuksista laskemalla suotoveden suolapitoisuudeksi saatii noin 3,6 %. Yksivaiheisella puhdistuksella suolapitoisuus putosi noin 2,9 %:iin, eli reduktio oli noin 19 % (1 kWh/m^3 teholla).

30

Kaksivaiheisella puhdistuksella suolapitoisuus putosi noin 2,4 %:iin, eli reduktio oli noin 33 % ($1,75 - 2 \text{ kWh/m}^3$ teholla).

Näistä tuloksista voitiin virherajojen puitteissa päätellä, että suolan poisto on lähes lineaarinen käytettyyn tehoon nähden.

Fe kennolla saatiin suolasta pois 47 %, eli suolapitoisuus laski tasolle 1,92 %
5 teholla 3 kWh/m^3 .

Tuloksista voitiin päätellä, että tarvittaisiin noin 3 kWh/m^3 , että suolasta poistuisi noin 50 % (suolapitoisuuteen 1,8 %) ja noin 6 kWh/m^3 teholla saataisiin suola kokonaan poistettua suotovedestä.

10 Tämän perusteella menetelmä ja laite soveltuu yleensä suolapitoisen jäteveden kuten likaantuneen meriveden puhdistukseen.

Tässä yhteydessä on huomattavaa, että ammoniumtyppen poistuminen puhdistetusta vedestä on verrannollinen suotoveden tai samankaltaisen jäteveden suolapitoisuuden muutokseen kuvatuissa koeolosuhteissa.

20 Ammoniumtyppen ja suolan reduktiot näyttävät korreloivan täydellisesti. ko- keellisesti on myös osoitettu, että ammoniumtyppi saadaan poistettua jäte- vedestä 99 %:sti (arvoon 10 mg/l arvosta 1100 mg/l), kun jäteveden suola- pitoisuus on alle 0,8 %.

25 Raskasmetallit saatiin pois suotovedestä flokkiin niin tehokkaasti, ettei niitä voitu puhdistetussa vedessä todeta.

Fenolit ja kloorifenolit

30 Fenolien reduktio oli yli 90 %. Fenoleista noin 80 % oli hajonnut elektroflo- taatiossa ja pieni määrä oli rikastunut flokkiin suhteessa puhdistettuun ve- teen.

Kloorifenolit saatuiin 100 %:sti pois puhdistetusta vedestä. Kloorifenoleista on hajonnut puhdistusprosessissa noin 90 %. Flokista niihde löytyi vain 10 % al-kuperäisestä määrästä suotovedessä. Kaikkein mielenkiintoisin havainto on pentakloorifenoli, joka oli hävinnyt puhdistusprosessissa kokonaan. Havainto 5 oli yhdenmukainen aikaisempien koetulosten kanssa. Todennäköinen syy on bentseenirekaan katkeaminen.

Polyaromaattiset hilivedyt (PAH)

10 Puhdistetusta vedestä PAH yhdisteistä ei löytynyt ollenkaan. Reduktio on 100 %. Kaikista PAH yhdisteistä oli hajonnut yli 94 % puhdistusprosessin aikana.

Yhteenvedo koetuloksista

15 Koetulosten perusteella suotovedi on edullisinta puhdistaa laitteistolla, jossa on Al kenno ja Fe kenno kaskadi. Puhdistaminen onnistuu myös pelkällä Fe kennolla, jos suotovedi ei sisällä suuria määriä sulfideja. Pelkällä Al kennolla puhdistaminen onnistuu, mutta puhdistuskustannus on huomattavasti suurempi kuin Fe kennolla.

20 Suotoveden koostumuksen vaihteluista johtuen on suositeltavaa kytkeä kennot niin, että puhdistus voi tapahtua joko vain yhdentyyppisellä kennolla tai kahden kennotypin yhdistelmällä.

25 Mittausten mukaan pienin käytännöllinen sähköteho on noin 3 kWh/m^3 suotovettä ja maksimisähköteho puhtaimman tuloksen aikaansaamiseksi on enintään 6 kWh/m^3 suotovettä.

30 Kuluttomaksi elektrodiksi on edullista valita teräs, jolloin sen seosmetallien määritillä voidaan vaikuttaa silihen, miten paljon elektronegativisuus lisääntyy suhteessa rautaan. Alumiinilla on pienempi elektronegativisuus kuin raudalla.

Elektronegatiivisuuseroon voidaan siis vaikuttaa aktiivielektroden metallien valinnalla. Riittää, että elektrodit on pinnoitettu metallilla, joiden elektronegatiivisuusero on tarkoitukseenmukainen puhdistettavalle aineelle niin, että aikaansaadaan sen poistaminen hapetuspelkistysreaktioon perustuen.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä epäpuhtauksien poistamiseksi jätevedestä elektroflotaatiolla, jossa menetelmässä puhdistettava jätevesi johdetaan metallielektrodeilla (1, 2) varustetun elektrolyysikennon (28) läpi, ja elektrolyysi suoritetaan kahden elektronegatiivisuudeltaan eroavan elektrodin (1, 2) välissä siten, että enemmän elektronegatiivisella elektrodilla (1), joka on puhdistusprosessissa kulumaton, tuotetaan vedestä vetykaasua ja hydroksyli-ioneja, ja vähemmän elektronegatiivisella elektrodilla (2), joka on puhdistusprosessissa aktiivinen, kuluva elektrodi, tuotetaan puhdistettavaan liuokseen metalli-ioneja, **tunnettu** siitä, että menetelmään kuuluu lisäksi seuraavat vaiheet:

- pidetään kennovirtaa automaattisäädöllä kennon resonanssikohdassa ja siten aiheutetaan kenoon tarkasti ohjattu sähkökenttä,
- kennossa aiheutetaan tarkasti ohjatussa sähkökenttässä haluttu hapetus- pelkistysreaktio yhden tai useamman epäpuhtauden poistamiseksi puhdistavasta vedestä,
- johdetaan massavirta kennosta jatkuvana suljettuna virtauksena erilliseen flokin ja puhdistetun veden erotustorniin (30),
- käytetään elektrodeina sisäkkäisiä putkia, joista sisempi elektrodiputki on mainittu enemmän elektronegatiivinen elektrodi (1), jossa on rekiä (4), ja
- johdetaan huuhteluvettä jaksoittain sisemmän elektrodiputken kautta paineella reilüstää (4) purkautuvina pesusuihkuina elektrodiputkien välisen reaktiotilan läpi vasten ulkoelektrodiputken sisäpintaa.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että

- a) elektrolyysissä, jossa käytetään kuluvana elektrodina rautaelektrodia, rauta hapetetaan ja NH_4^+ -typpi ja/tai nitraaltityppi (NO_3) pelkistetään seuraavasti

30 $\text{Fe} + \text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \leftrightarrow \text{FeO} \downarrow + 2\frac{1}{2}\text{H}_2 \uparrow + \frac{1}{2}\text{N}_2 \uparrow$
ja/tai



jolloin aikaansaadaan denitrifikaatio, kun typpi poistuu jätevedestä typpikaasuna; ja

5 b) elektrolyssä muodostuvan saostuman annetaan nousta vetykaasun mukana flokkina puhtaan veden pinnalle flokkinerottornissa.

3. Patenttivaatimuksen 1 mukaisen menetelmän käyttö kaatopaikan suotoveden tai muun suolapitoisen jäteveden kuten liikaantuneen meriveden puhdistamiseksi.

4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen käyttösovellusmenetelmä, **tunnettu** siltä, että puhdistettava suotovedi tai muu suolapitoinen jätevesi johdetaan ensimmäisessä vaiheessa ensimmäisen elektrolyysikennon läpi ja tolsessa vaiheessa johdetaan ensimmäisessä vaiheessa osittain puhdistettu vesi toisen elektrolyysikennon läpi.

5. Jonkin patenttivaatimuksen 1-4 mukainen menetelmä, **tunnettu** siltä, että vähemmän elektronegatiivinen elektrodi on rautaa tai alumiinia.

20 6. Laite epäpuhtauksien poistamiseksi jätevedestä elektroflotaatiolla, johon laitteeseen kuuluu elektrolyysikennosto, jonka kussakin kennossa on yksi tai useampi metallielektrodi (2), joka on kytetty virtalähteentä positiiviseen napaan ja yksi tai useampi metallielektrodi (1), joka on kytetty virtalähteentä negatiiviseen napaan, ja elektrolyysitila (5) elektrodiin välissä, virtalähteentä negatiiviseen napaan kytkeytyn elektrodiin (1) ollessa ainakin pintakerrokseltaan enemmän elektronegatiivista ainetta kuin positiiviseen napaan kytkeytyn elektrodi (2), jolloin elektronegatiivisempi elektrodi (1) on puhdistusprosessissa kulumaton ja ainoastaan luovuttaa saamansa elektronit puhdistettavaan liuokseen, ja vähemmän elektronegatiivinen elektrodi on puhdistusprosessissa aktiivinen kuluva elektrodi, joka luovuttaa puhdistettavaan liuokseen metalli-ioneja, elektrodiin (1, 2) elektronegatiivisuuseron ollessa sellainen, että

haluttu hapetuspelkistysreaktio saadaan tapahtumaan, **tunnettu** siitä, että laitteeseen kuuluu lisäksi:

- kennovirtaa säätävä automatiikka, joka pitää kennon resonanssienierrägiakohdassa, jolloin haluttu hapetuspelkistysreaktio saadaan tapahtumaan tarkasti ohjatessa sähkökentässä,
- 5 - flokin ja puhdistetun veden erotustorni (30),
- pumppu (27) massavirran pumppaamiseksi kennon (28) läpi jatkuvana suljettuna virtauksena erotustorniin (30),
- sisäkkäiset putket elektrodeina (1, 2), joista sisempi elektrodiputki on
- 10 mainittu enemmän elektronegatiivinen elektrodi, jossa on reikiä (4), ja
- huuhteluelimet (16-20) huuhteluveden johtamiseksi jaksoittain sisemmän elektrodiputken kautta paineella aikaansaamaan rei'istä (4) purkautuvat pesusuihukset elektrodiputkien välisen reaktiotilan läpi vasten ulomman elektrodiputken sisäpintaa.

15 7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen laite, **tunnettu** siitä, että vähemmän elektronegatiivinen elektrodi on rautaa tai alumiinia.

8. Patenttivaatimuksen 7 mukainen laite, **tunnettu** siitä, että elektrodit (1,

20 2) ovat koaksiaaliputkia, rauta- tai alumiiniputken (2) ollessa uloimpana ja helposti vaihdettavissa.

9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen laite, **tunnettu** siitä, että ulkoelektrodi-putki (2) päätyy ennen jäteveden sisääntulokohtaa (6), sisäputken (1) jat-
25 kuessa jäteveden sisääntulokohdan (6) ohi venttiilin (18) kautta pesu- vesipumpulle (19).

10. Patenttivaatimuksen 9 mukainen laite, **tunnettu** siitä, että venttiiliin (18) avautuminen ja pesuvesipumpun (19) käynnistyminen on ohjattu tapahtu-
30 maan jaksoittain, samalla kun elektrolyysitilan (5) alapäähän liittyvän poisto- putken (16) venttiili (17) on järjestetty avattavaksi sakan ja pesuveden pois- tamiseksi elektrolyysitilasta (5).

11. Jonkin patenttivaatimuksen 8-10 mukainen laite, **tunnettu** siitä, että sisäelektrodiputki (1) on ruostumatonta terästä ja rautaa tai alumiinia oleva ulkoelektrodiputki (2) on ympäröity eristävällä vaippaputkella (3).

5 12. Jonkin patenttivaatimuksen 8-11 mukainen laite, **tunnettu** siitä, että elektrodiputket (1, 2) on lukitu samankeskeisesti toisiinsa aukikierrettävillä päätytulpilla (10, 15), jotka ympäröivät sisäelektrodiputken vastakkaisia päitä (1) ja joiden sisään ulkoelektrodiputken (2) päät jäävät.

Patentkrav

1. Förfarande för avlägsning av föroreningar från avfallsvatten med elektroflotation, i vilket förfarande avfallsvattnet, som skall renas, leds genom en med metallelektroder (1, 2) försedd elektrolytcell (28), och elektrolysen utförs mellan två till sin elektronegativitet avvikande elektroder (1, 2) så, att vid den elektronegativare elektroden (1), som i reningsprocessen förblir oförbrukad, alstras ur vatten vätgas och hydroxyl-joner, och vid den mindre elektronegativa elektroden (2), som i reningsprocessen är den aktiva elektroden, som förbrukas, alstras metalljoner till lösningen, som skall renas,
5 **kännetecknat** därav, att förfarandet omfattar därtill följande steg:
 - cellströmmen hålls med automatreglering vid resonansläget och därmed alstras i cellen ett noggrant styrt elektriskt fält,
 - i cellen skapas i det noggrant styrd elektriska fältet en önskad oxidationsreduktionsreaktion för att avlägsna en eller flera föroreningar från vattnet, som skall renas,
 - från cellen leds en massaström som en kontinuerlig sluten strömning till ett separat separationstorn (30) för flock och renat vatten,
 - som elektroder används innanför varandra anordnade rör, av vilka det
- 10 15 20 25 30
inre elektrodröret utgörs av nämnda elektronegativare elektrod (1) försedd med hål (4), och
- sköljvattnen leds periodiskt via det inre elektrodröret med tryck som via hålen (4) utsprutande tvättstrålar genom reaktionsutrymmet mellan elektrodrören mot det yttre elektrodrörets innersida.
2. Förfarandet enligt patentkravet 1, **kännetecknat** därav, att
a) i elektrolysen, i vilken som den förbrukande elektroden används en järnelektrod, oxideras järn och NH_4^+ -kväve och/eller nitratkväve (NO_3^-) reduceras enligt följande
$$\text{Fe} + \text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \leftrightarrow \text{FeO} \downarrow + 2\text{H}_2\uparrow + \frac{1}{2}\text{N}_2\uparrow$$

och/eller



5 varvid denitrifikation erhålls, då kväve avlägsnas från avfallsvattnet som kvävgas; och

b) den vid elektrolysen bildade utfällningen får stiga upp med vätgasen som flock på ytan av det rena vattnet i ett flockseparationstorn.

10 3. Användningen av förfarandet enligt patentkravet 1 för rening av en avfallsplats sippervatten eller annat salthaltigt avfallsvatten såsom förorenat havsvatten.

4. Användningstillämpningsförfarande enligt patentkravet 3, **kännetecknat**

15 därav, att sippervattnet, som skall renas, eller annat salthaltigt avfallsvatten leds i ett första steg genom en första elektrolytcell och i ett andra steg leds det i första steget delvis renade vattnet genom en andra elektrolytcell.

5. Förfarandet enligt något av patentkraven 1-4, **kännetecknat** därav, att

20 den mindre elektronegativa elektroden utgörs av jäm eller aluminium.

6. Anordning för avlägsning av föroreningar ur avfallsvatten med elektroflotation, vilken anordning upvisar ett elektrolytcellssystem, vars varje cell uppvisar en eller flera metallelektroder (2) kopplade till en strömkällas positiva

25 pol och en eller flera metallelektroder (1) kopplade till en strömkällas negativa pol, och ett elektrolysutrymme (5) mellan elektroderna, vilken till strömkällans negativa pol kopplade elektrod (1) är åtminstone till sitt ytskikt av ett mera elektronegativt ämne än den till den positiva polen kopplade elektroden (2), varvid den elektronegativare elektroden (1) är i reningsprocessen oför

30 brukbar och endast överför mottagna elektronerna till lösningen, som skall renas, och den mindre elektronegativa elektroden är i reningsprocessen den aktiva elektroden, som förbrukas, som till lösningen, som skall renas, överför

metalljoner, vilka elektroders (1, 2) elektronegativdifferens är sådan, att den önskade oxidationsreduktionsreaktionen sker, **kännetecknad** därav, att anordningen därtill uppvisar:

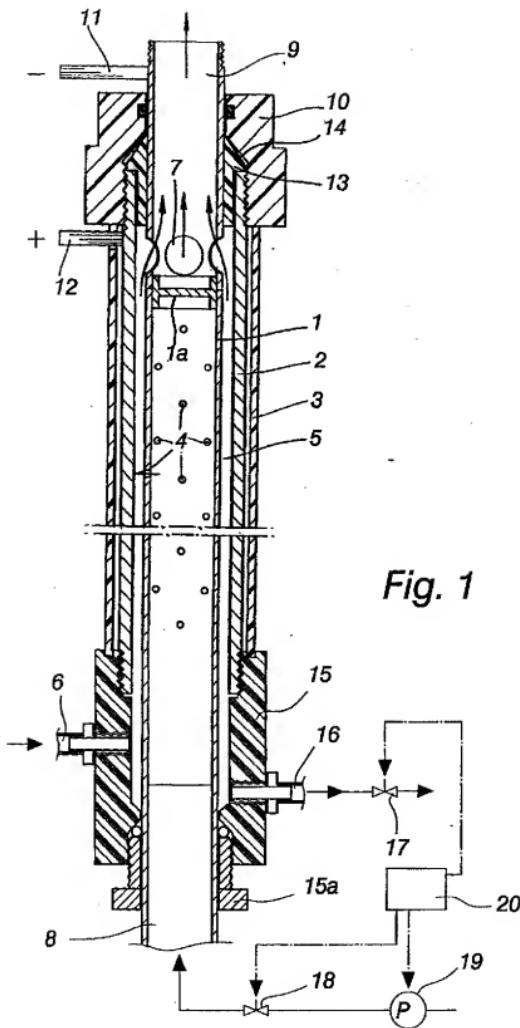
- cellströmmen reglerande automatik, som håller cellen i resonansenergiläge, varvid den önskade oxidationsreduktionsreaktionen får att sker i ett noggrant reglerat elektriskt fält,
- 5 - ett separationstorn (30) för flock och renat vatten,
- en pump (27) för pumpning av massaströmmen genom cellen (28) som en kontinuerlig sluten strömning till separationstornet (30),
- 10 - innanför varandra anordnade rör som elektroder (1, 2), av vilka det inre elektrodröret utgörs av den nämnda elektronegativare elektroden, som uppvisar hål (4), och
- sköljorgan (16-20) för att leda sköljvatten periodiskt via det inre elektrodröret med tryck för att åstadkomma via hålen (4) utsprutande tvättstrålar
- 15 - genom reaktionsutrymmet mellan elektrodrören mot det yttre elektrodrörs innersida.

7. Anordning enligt patentkravet 6, **kännetecknad** därav, att den mindre elektronegativa elektroden är av järn eller aluminium.

- 20 8. Anordning enligt patentkravet 7, **kännetecknad** därav, att elektroderna (1, 2) är koaxialrör, varvid järn- eller aluminiumröret (2) är det yttre och lätt utbytbart.
- 25 9. Anordning enligt patentkravet 8, **kännetecknad** därav, att det yttre elektrodröret (2) slutar före avfallsvattnets inloppsställe (6), varvid det inre röret (1) fortsätter förbi avfallsvattnets inloppsställe (6) via en ventil (18) till en tvättvattenspump (19).
- 30 10. Anordning enligt patentkravet 9, **kännetecknad** därav, att ventilens (18) öppning och tvättvattenspumpens (19) start är styrd att ske periodiskt, samtidigt som den till elektrolysutrymmets (5) nedre ända anslutna avlopps-

rörs (16) ventil (17) är anordnad att öppnas för att avlägsna fällning och tvättvatten från elektrolysutrymmet (5).

11. Anordning enligt något av patentkraven 8-10, **kännetecknad** därav, att 5 det inre elektrodröret (1) är av rostfritt stål och det yttre elektrodröret (2) av järn eller aluminium är omslutet med ett isolerande mantelrör (3).
12. Anordning enligt något av patentkraven 8-11, **kännetecknad** därav, att elektrodrören (1, 2) är låsta koaxiellt till varandra med uppskrubbbara änd- 10 proppar (10, 15), som omsluter det inre elektrodrörets motsatta ändar (1) och innanför vilka det yttre elektrodrörets (2) ändar stannar.



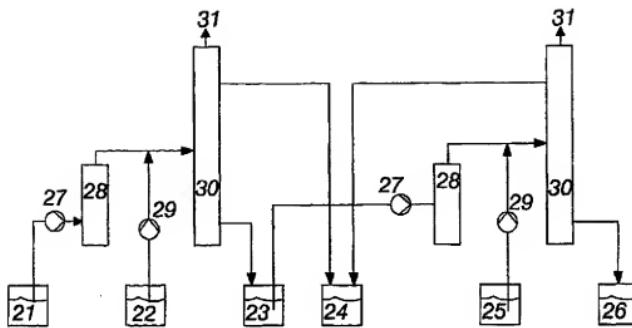


Fig. 2